

TARTU ÜLIKOOL

Kehakultuuriteaduskond

Spordibioloogia ja füsioteraapia instituut

**Marika Turb**

**Jalalaba ja sääre funktsionaalsete näitajate iseärasused  
naispikamaajooksjatel – võistlus- ja harrastussportlastel**

**The functional characteristics of the foot and calf among long-distance  
runners: women participating in competitive and recreational sports**

**Magistritöö**

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendajad:

Lektor, J. Ereline

Teadur, H Gapeyeva

Tartu 2015

# SISUKORD

LÜHIÜLEVAADE.....	4
ABSTRACT .....	5
KASUTATUD LÜHENDID .....	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED .....	10
3. METOODIKA .....	11
3.1 Vaatlusalused .....	11
3.2. Uurimismeetodid .....	11
3.2.1. Antropomeetrilised näitajad .....	11
3.2.2. Müomeetria – lihase funktsionaalse seisundi määramine .....	12
3.2.3. Goniomeetria - hüppeliigese aktiivse liikuvusulatuse määramine .....	14
3.2.4. Podomeetria - jalgade koormusjaotuse määramine .....	15
3.2.5. Staheli võlviindeksi määramine.....	17
3.2.6. Dünamomeetria – maksimaalse isomeetrilise varvaste jõu määramine .....	17
3.3. Uuringu korraldus .....	18
3.4. Andmekogumise ja statistilise andmetöötluse meetodid .....	18
4. TÖÖ TULEMUSED .....	20
4.1. Müomeetria .....	20
4.1.1. Lihastoonuse hindamine .....	20
4.1.2. Lihase elastsuse hindamine .....	21
4.2. Goniomeetria - hüppeliigese aktiivse liikuvuse hindamine .....	23
4.3. Dünamomeetria – varvaste pigistusjõu hindamine .....	24
4.4. Podomeetria .....	24
4.4.1. Koormusjaotuse protsentuaalsete (%) näitajate hindamine.....	24
4.4.2. Talla toepinna (cm <sup>2</sup> ) näitajate hindamine põia- ja kannaosa lõikes .....	25
4.4.3. Survejõu (g/cm <sup>2</sup> ) näitajate hindamine .....	27
4.5. Olulisemad korrelatiivsed seosed mõõdetud parameetrite vahel.....	28
5. ARUTELU .....	30
5.1. Lihaste funktsionaalne seisund.....	30
5.2. Podomeetria.....	31
5.3. Dünamomeetria .....	33

5.4. Goniomeetria.....	33
5.5. Uuringu piirangud .....	34
5.6. Uuringu tugevused ja praktilised väljundid .....	34
6. JÄRELDUSED .....	36
KASUTATUD KIRJANDUS .....	37
AUTORI LIHTLITSENTS TÖÖ AVALDAMISEKS.....	40

## LÜHIÜLEVAADE

**Eesmärk:** Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli hinnata võistlus- ja harrastussportlaste jalalaba ja sääre funktsionaalse seisundi erinevust ja selgitada antud töös käsitletud jalalaba ning sääre funktsionaalsete näitajate omavahelisi seoseid naispikamaajooksjatel.

**Metoodika:** Uuringus osales 12 naispikamaajooksjat, neist 6 Eesti kõrgema taseme võistlussportlast (VS) ja 6 harrastussportlast (HS), kelle treeningumaud olid vastavalt keskmiselt  $9,8 \pm 3,5$  (SD) korda ja  $14,7 \pm 4,5$  (SD) tundi nädalas ning  $3,8 \pm 1,0$  (SD) ja  $4,5 \pm 1,6$  (SD). Vaatlusalustel teostati bilateraalselt sääre- ja jala taldmiste lihaste müomeetrilised uuringud. Aktiivne hüppeliigese liikuvusulatus mõõdeti mehaanilise goniomeetriga. Jalatalla koormusjaotuse analüüsiks registreeriti vastavad survejõudude parameetrid. Varvaste pigistusjõu näitajad määrati spetsiaalse dünamomeetriga.

**Tulemused:** VS parema (P) ja vasaku (V) jala *m. tibialis anterior* (TA) omavõnkesageduse näitajad olid märkimisväärselt kõrgemad ( $p < 0,05$ ) kui HS grupil. Samuti esines P ( $p < 0,01$ ) ja V ( $p < 0,05$ ) jala TA dekremendi väärtustes VS grupil oluliselt suuremad väärtused. VS grupi *m.abductor hallucis* distaalse (dist.) ja proksimaalse ning *m. abductor digiti minimi* dist. osa. vasaku jala lihase omavõnkesageduse näitajad olid võrreldes HS oluliselt suuremad ( $p < 0,05$ ). Varvaste pigistusjõu näitajate võrdluses on vastavad väärtused oluliselt suuremad ( $p < 0,05$ ) HS grupil. Hüppeliigese aktiivne liikuvus ulatus on suurem HS grupil, olulist erinevus esines ( $p < 0,05$ ) P jala plantaarfleksioonis. Põiaosa jalatalla toepinna ( $\text{cm}^2$ ) näitajad olid märkimisväärselt suuremad ( $p < 0,05$ ) HS grupil.

**Kokkuvõte:** Naispikamaajooksjate hulgas esines märkimisväärsed seosed jalatalla koormusjaotuse näitajate, varvaste pigistusjõu tulemuste ning sääre- ja jala taldmiste lihaste funktsionaalset seisundit iseloomustavate parameetrite vahel.

**Märksõnad:** naispikamaajooksjad, müomeetria, jalalaba koormusjaotus, varvaste pigistusjõud

## ABSTRACT

**Aim:** The aim of this paper was to assess and analyse the relationship between functional state differences of the calf and foot muscles among female long-distance runners.

**Methods:** Twelve female runners - 6 high level (HL) (training volume  $9,8 \pm 3,5$  (SD)) times and  $14,7 \pm 4,5$  (SD) hours per week), 6 recreational (REC) ( $3,8 \pm 1,0$  (SD) and  $4,5 \pm 1,6$  (SD)) - participated in this study. On each subject the myometric measurements were performed bilaterally of the calf and foot muscles. Using a goniometer, measures of the active ankle range of motion were taken. The plantar pressure characteristics were registered in static conditions using a podometry system. Toe grip (TG) strength was measured in both feet using a TG dynamometer.

**Results:** HL runners showed statistically significantly higher muscle stiffness ( $p < 0,05$ ) and low muscle elasticity ( $p < 0,01$ ) values in the right foot of m. tibialis anterior compared to REC runners. Remarkable ( $p < 0,05$ ) increased muscle stiffness also appeared among HL runners in the left foot of m.abductor hallucis distal ja proximal end and in m. abductor digiti minimi distal end. REC runners had higher values in the results of toe grip strength ( $p < 0,05$ ) and showed better active ankle joint range, particularly in the plantarflexion of the right ankle ( $p < 0,05$ ). REC runners revealed higher values ( $p < 0,05$ ) of plantar pressure ( $\text{cm}^2$ ) distribution in the forefoot compared to HL runners.

**Conclusions:** Strong correlation exists between plantar pressure characteristics, toe grip strength and functional state of the calf and foot muscles among female long-distance runners.

**Keywords:** female long-distance runners, myometry, plantar pressure, toe grip strength

## KASUTATUD LÜHENDID

<b>ABD DIGITI M</b>	<i>m. abductor digiti minimi</i> (lad. k), väikevarba-eemaldaja
<b>ABD HALLUCIS</b>	<i>m. abductor hallucis</i> (lad. k), suurvarba-eemaldaja
<b>DBISS</b>	<i>Digital Biometry Images Scanning System</i>
<b>dist</b>	distaalne
<b>GM</b>	<i>m. gastrocnemius caput mediale</i> (lad. k), kaksik-sääremarjalihase mediaalne pea
<b>HS</b>	harrastussportlased
<b>lat</b>	lateraalne
<b>med</b>	mediaalne
<b>P</b>	parem jalg
<b>PL</b>	<i>m. peroneus longus</i> (lad. k), pikk pindluulihase
<b>proks</b>	proksimaalne
<b>SD</b>	standardhälve
<b>SE</b>	standardviga
<b>TA</b>	<i>m. tibialis anterior</i> (lad. k), eesmine sääreluu lihas
<b>V</b>	vasak jalg
<b>VS</b>	võistlussportlased

## 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Kirjanduses on mitmeid pikamaajooksu uuringuid, kus on valimiks peamiselt harrastussportlased (nii mehed kui ka naised), aga kõrgel tasemel olevate jooksjatega uuringuid on vähem. Käesoleva magistritöö märkimisväärseks tunnuseks on asjaolu, et pooled vaatlusalused kuuluvad Eesti naisjooksjate absoluutsesse tippu, mis lisab olulist väärtust antud teadustööle.

Uuringu peamiseks sihtobjektiks on jalalaba ja sääreluu. Koos hüppeliigese moodustavad need tähtsa koostoimiva kompleksi, mis on eluliseks dünaamiliseks lüliks keha ja maapinna vahel. Edasiviiv jõud ja liikumine toimub just selle kompleksi koostöö tulemusena (Rodgers, 1988). Antud asjaolust tulenevalt on oluline, et jala ja hüppeliigese omavaheline funktsionaalsus toimiks, et tagada võimalikult efektiivne liikumine.

Hüppeliiges osaleb jalalaba dorsaal- ja plantaarfleksioonil (painutus, sirutus) ning omab tähtsat rolli tasakaalu hoidmisel, eriti ebatasaste pindade korral. Esmasel kokkupuutel maapinnaga esineb hüppeliigeses dorsaalfleksioon, mis on põhjustatud ekstsentrilise kontraktsiooni tulemusena jala eesmise lihasrühma (sh *m. tibialis anterior*) poolt (Strakowski & Jamil, 2006). Kui keharaskuse liigub tugijalale, esineb hüppeliigeses maksimaalne dorsaalfleksioon (Rogers, 1988), millele järgneb plantaarfleksioon, kus olulist osa omab sääreluu kolmpea lihasrühm (sh *m. gastrocnemius*) (Strakowski & Jamil, 2006).

Antud magistritöö vaatlusalusteks oli valitud naisjooksjad, kuna uuringute tulemusena esineb harrastusjooksjatest naistel enim vigastusi just jalalaba piirkonnas, millele järgnevad probleemid sääreluu ja hüppeliigestes. Peamised traumad esinevad sääreluu ja metatarsaal piirkonnas (Bischof *et al.*, 2010; Lun *et al.*, 2003; Wentz *et al.*, 2008). Meeste ja naiste jalalaba koormusjaotus on erinev, kuna meestel on jalatallal suurem kontaktipind maapinnaga, kui naistel (Periyasamy *et al.*, 2011). Antud asjaolu suurendab vigastuste esinemist naispopulatsioonis (Fernandez-Seguin *et al.*, 2014).

On täheldatud, et kõrge põiavõlviga (*pes cavus*) jooksjatel esineb sagedamini vigastusi alajäsemete lateraalsel poolel (hüppeliigese venitused ja sääreluu koormusmurrud) (Desai *et al.*, 2010; Williams *et al.*, 2001). Madala põiavõlviga (*pes planus*) jooksjatel ilmneb rohkem probleeme alajäsemete mediaalsel küljel (põlve ja pehmete kudede vigastused) (Williams *et al.*, 2001). Vastukaaluks eelnevatele uuringutele ei leitud Nakhaee *et al.* (2008) uuringus põiavõlvi seost hüppeliigese ja põlve vigastuste esinemissageduse kohta. Seega, kõrge või madala põiavõlvi esinemine kõrge tasemega jooksjatel ei pruugi olla riskiteguriks vigastuste tekkele. Kirjanduses esinevas vastuolulistest seisukohtadest tulenevalt on oluline teostada pikamaajooksjate peal jalgade podomeetrilisi uuringuid, mis võimaldavad välja selgitada

pöiavõlvi kuju ning analüüsida sellest eripärast tingituna jalalaba mehaanilist käitumist staatilisel koormusel.

Jalavõlvi hoidmisel ühed olulisemad säärelihased on *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius* ning *m. peroneus longus* (Roosalu, 2006). Pikivõlvi hoidvate oluliste taldmiste lihaste hulka kuuluvad *m. abductor hallucis* ja *m. abductor digiti minimi*, mis jooksevad piki kandluud metatarsaal piirkonda ning pakuvad jalalaba struktuurile olulist tugifunktsiooni (Miller *et al.*, 2014). ). Eelnimetud olulisuse tõttu võeti vastavad lihased käesoleva töö uurimisobjektideks.

Jala taldmiste lihaste jõud on üks olulisemaid faktoreid tasakaalu hoidmisel ja kontrollimisel nii seismisel kui ka kõndimisel. Nende lihaste aktivatsioon rakendub ja on vajalik kõndimisel ja jooksmisel äratõuke faasil, kui kand maapinnalt tõusma hakkab ning kui metatarsofalangeaalliigese dorsaalfleksioon suureneb. Suur- ja väikevarba lihaste jõu suurenemine soodustab sportliku soorituse paranemist, jõu vähenemine vastupidiselt kahandab sportlase kehalist sooritust (Kurihara *et al.*, 2014). Seetõttu hinnati käesolevas töös varvaste pigistusjõudu, et uurida, kas ja kuidas antud näitajad seostuvad jalalaba ja sääre funktsionaalsete näitajatega.

Lihase elastsus on seotud vereringlusega kehalise tegevuse ajal ja ka rahulolekus (Vain, 2012). Väsimus halvendab lihaskoe normaalset talitlust (Korhonen *et al.*, 2005) ning seetõttu muudab ka jooksutehnikat (Nagel *et al.*, 2008). Mehaaniline koormus, nagu pikamaajooks, suurendab lihasesisest rõhku, mis kõrgendab lihastoonust. Selle tagajärjel häirub lihaskoe verevarustus ning lihase elastsusvõime (Korhonen *et al.*, 2005). Sellest tulenevalt on oluline uurida ja hinnata pikamaajooksjate lihastoonuse näitajaid, mis iseloomustavad lihaste funktsionaalset seisundit.

On leitud, et kurnava iseloomuga maratoni- ja pikamaajooksu võistlused tekitavad muutusi jalalabale mõjuvatele koormusjaotuse karakteristikutele – jalalaba eesmise osa ja varvaste piirkonnale avalduva maksimaalse surve väärtustele. Jooksmisel tekkivad väsimusilmingud jooksmisel põhjustavad varvaste osaluse vähenemist äratõuke faasis, mille tagajärjel kantakse koormus varvaste piirkonnast jalalaba eesmisele osale, mis omakorda tekitab suurt koormust metatarsaalluude alale (Nagel *et al.*, 2008). Sarnaseid tulemusi said ka Wentz *et al.* (2008), kus naissportlaste populatsioonis ilmnes väsimusmurdude vigastusi. Antud uuringutest saab järeldada, et väsimuse tõttu ilmnevad jooksutehnikas biomehaanilised muutused, millest tulenevalt saab selgitada sagedasi metatarsaalluude väsimusmurdude esinemist pikamaajooksjate seas.

Mitmed faktorid, nagu jalanõud, treeningu pinnas, varasemate vigastuste esinemine, treeningu iseloom (intensiivsus, maht) ning sagedus, võivad määrata vigastuse tekkepõhjuse



sportlaste hulgas (Nakhaee *et al.*, 2008). Hormonaalsed erinevused, madalam luude mineraalne tihedus, väiksem lihasmass ning antropomeetrilised näitajad on põhjuseks, miks naisel on suurem risk ülekoormusvigastuste/-murdude tekkele, kui meestel (Bischof *et al.*, 2010; Wentz *et al.*, 2008). Sellest tulenevalt saab eristada kahte suuremat vigastuste tekkemehhanismide jaotust. Jooksmisest tingitud vigastused tulenevad sisemiste ja välimiste tegurite kombineerumisel (Shih *et al.*, 2011). Sisemisteks faktoriteks loetakse sportlase erinevaid organismi eripärasid (Hoch *et al.*, 2005), nagu vähene paindumus, ebasümmeetrilisus, antropomeetrilised näitajad, eelnevad vigastused, ala harrastamise kogemus (Shih *et al.*, 2011) ning ka jalalaba struktuurilised omapärad (pöiavõlvi tüüp) (Buldt *et al.*, 2013). Välimiste faktorite all on mõeldud treeningut mõjutavat keskkonda (Hoch *et al.*, 2005), mille hulka kuuluvad näiteks eksimused treeningplaanis, jalanõuvalik ja jooksmiseks kasutatav pinnas (Shih *et al.*, 2011).

Käesoleva magistritöö eesmärk oli anda ülevaade jalalaba seisundist kõrge tasemega naispikamaajooksjate ja harrastusjooksjate võrdluse kaudu. Töö peamiseks keskseks uurimisobjektiks oli pikamaajooksjate jalalaba, mille seisundi analüüsimiseks teostati vastavad mõõtmised. Autori hinnangul omab töö aktuaalset ja praktilist väärtust võistlussportlaste treening- ja taastumisprotsessi juhtimisel, jooksmisega seotud vigastuste tekkemehhanismide selgitamisel ja ennetamisel. Rahvaspordiürituste arvu pidev kasv ja harrastusjooksjate järjest professionaalsem lähenemine treeningutele tingib ka selle grupi esindajate teadlikkuse tõusu antud teema kohta.

## 2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli hinnata võistlus- ja harrastussportlaste jalalaba ja sääre funktsionaalse seisundi erinevust ja selgitada antud töös käsitletud jalalaba ning sääre funktsionaalsete näitajate omavahelisi seoseid naispikamaajooksjatel.

Töö eesmärgi selgitamiseks püstitati alljärgnevad ülesanded.

1. Registreerida ja võrrelda vaatlusalustel säärelihaste (*m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius caput mediale*, *m. peroneus longus*) ja taldmiste lihaste (*m. abductor hallucis*, *m. abductor digiti minimi*) lihastoonust ja elastsust iseloomustavad näitajad (omavõnkesagedus ja dekrement).
2. Registreerida ja võrrelda jalatallale mõjuvate survejõudude ja toepinna jaotuse näitajaid ning arvutada vaatlusaluste põiavõlvi indeks.
3. Määrata vaatlusalustel hüppeliigese aktiivne liikuvusulatus ja võrrelda saadud tulemusi referentsväärtustega.
4. Määrata vaatlusalustel vastava dünamomeetriga varvaste pigistusjõu näitajad.
5. Analüüsida uuringus käsitletud näitajate – lihastoonuse, survejõudude ja toepinna ning varvaste jõunäitajate omavahelisi seoseid.

### 3. METOODIKA

#### 3.1 Vaatlusalused

Uuringus osales ühekordselt vabatahtlikult 12 naispikamaajooksjat, kellest 6 oli Eesti kõrgema tasemega võistlussportlast ja 6 harrastussportlast. Valimi moodustasid võistlussportlased, kelle treeningumaht oli keskmiselt  $9,8 \pm 3,5$  (SD) korda ja  $14,7 \pm 4,5$  (SD) tundi nädalas ning harrastusjooksjad, kelle vastavad näitajad olid  $3,8 \pm 1,0$  (SD) ja  $4,5 \pm 1,6$  SD. Valmisse ei kaasatud sportlasti, kellel oli viimase aasta jooksul esinenud alajäsemete traumasid. Uuring toimus sportlaste ettevalmistusperioodi ajal. Üks päev enne mõõtmisi paluti vaatlusalustel võimalusel hoiduda väsitavast kehalisest koormustest ning vältida aineid, mis võiksid mõjutada lihastoonust. Vaatlusaluste antropomeetrilised toodud tabelis 1.

Vaatlusalused olid informeeritud kirjalikult uuringu ülesehitusega ning nende nõusolek uuringus osalemiseks kinnitati allkirjaga. Vaatlusaluste uuringutulemustele on tagatud anonüümus ja konfidentsiaalsus ning saadud andmeid kasutatakse ainult teaduslikel eesmärkidel. Uuring on kooskõlastatud TÜ inimuuringute eetikakomiteega (protokoll nr. 186T-21).

#### 3.2. Uurimismeetodid

##### 3.2.1. Antropomeetrilised näitajad

Vaatlusalustel registreeriti elektroonilise kaaluga kehamass 0,1 kg täpsusega (Soehnle, Saksamaa) ning mõõdeti keha pikkus 0,1 cm täpsusega (Soehnle, Saksamaa). Lisaks määrati jalapikkus ülemis-eesmisest niudeluu ogast (*spina iliaca anterior superior*) kuni pindluu külgmise peksini (*malleolus lateralis*) BTS (Itaalia) mõõdulindiga ja jalalaba pikkus vastava nihikuga (Rosscraft Campbell Caliper 20, USA).

**Tabel 1.** Vaatlusaliste vanus ja antropomeetrilised näitajad ( $\bar{X} \pm SD$ ).

Näitaja		Võistlussportlased	Harrastussportlased
Vanus (aastates)		25 $\pm$ 5,2	24,5 $\pm$ 1,6
Pikkus (cm)		165,3 $\pm$ 4,7	171,5 $\pm$ 9,0
Kehamass (kg)		50,8 $\pm$ 3,3**	60,2 $\pm$ 5,8
KMI (kg·m <sup>-2</sup> )		18,6 $\pm$ 0,6***	20,5 $\pm$ 0,6
Jalalaba pikkus (cm)	parem	24,6 $\pm$ 0,6	25,4 $\pm$ 1,3
	vasak	24,5 $\pm$ 0,8	25,4 $\pm$ 1,2
Jala pikkus (cm)	parem	90,3 $\pm$ 4,5	95,2 $\pm$ 5,3
	vasak	90,6 $\pm$ 4,3	95,3 $\pm$ 5,0

\*\* p<0,01, \*\*\*p<0,001 statistiliselt oluline erinevus harrastussportlased.

### 3.2.2. Müomeetria – lihase funktsionaalse seisundi määramine

Skeletilihase funktsionaalse seisundi määramiseks kasutati TÜ-s väljatöötatud müomeetrit Myoton-3 koos vastava tarkvaraga. Aparatuur koosneb käeshoitavast mõõtmisseadmest, analoog-koodmuundajast, personaalarvutist ning tarkvarast ja ühendusjuhtmetest. Müomeetri abil on võimalik hinnata bioloogiliste kudede funktsionaalset seisundit (Vain, 2002). Käesolevas töös uuriti bilateraalselt jalavõlvi hoidmisel osalevaid skeetilihaseid: säärelihased (3): *m. tibialis anterior* (eesmine sääreluu lihas), *m. gastrocnemius caput mediale* (kaksik-sääremarjalihase mediaalne pea), *m. peroneus longus* (pikk pindluulihas); jala taldmised lihased (2): *m. abductor hallucis* (suurvarba-eemaldaja) distaalne/proksimaalne osa, *m. abductor digiti minimi* (väikevarba-eemaldaja) distaalne/proksimaalne osa. Parema ja vasaku kehapoole vastavate lihaste seisundi hindamiseks võeti analüüsimiseks omavõnkesageduse (*frequency*) ja logaritmilise dekrementi (*decrement*) näitajad.

Registreerimine müomeetriga toimus lamades asendis (vastavalt kas selili, kõhuli või külili) lihase lõõgastunud seisundis ehk rahulolekus. Enne iga lihase registreerimist paluti vaatlusalusel lõõgastuda. Vaatlusaluse asend sätiti nii, et see oleks mõõdetavale mugav. Mõõtmisel asetati müomeetri lõõgiotsik eelnevalt lihasele markeeritud punkti ning registreeriti vastava lihase impulss. Mõõtmist teostati iga lihase korral viis korda *Multiscan* režiimis, millest analüüsimiseks võeti nende keskmine väärtus.

TA lihastoonuse mõõtmisel lamas vaatlusalune teraapiaalal selili, põlveliigese alla oli asetatud jalgu toetav padi (Joonis 1). GM toonuse registreerimisel asetses vaatlusalune kõhuli,

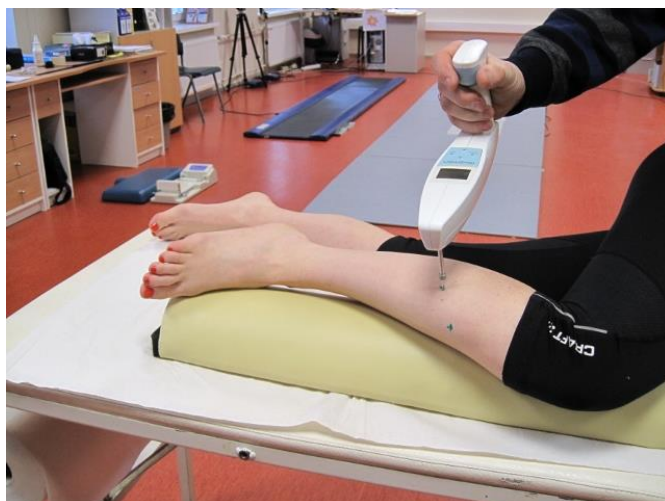
hüppeliigeste all paiknes tugipadi (Joonis 2). PL toonuse mõõtmisel lamas vaatlusalune külili, registreerimisel olev jalg toetus piki tugipatja (Joonis 3). Jala taldmiste lihaste toonuse mõõtmisel paiknes vaatlusalune kõhuli, jalad põlveliigesest kõverdatud ja sääred tõstetud 90° nurga all, jalad toetusid vabalt vastu tugipinki (Joonis 4A). Vastav markeeringu skeem taldmistele lihaste mõõtmisel on esitatud joonisel 4B.



**Joonis 1.** Vaatlusaluste asend *m. tibialis anterior* (eesmise sääreluu lihase) mõõtmisel.



**Joonis 2.** Vaatlusaluste asend *m. gastrocnemius caput mediale* (kaksik-sääremarjalihase mediaalse pea) mõõtmisel.



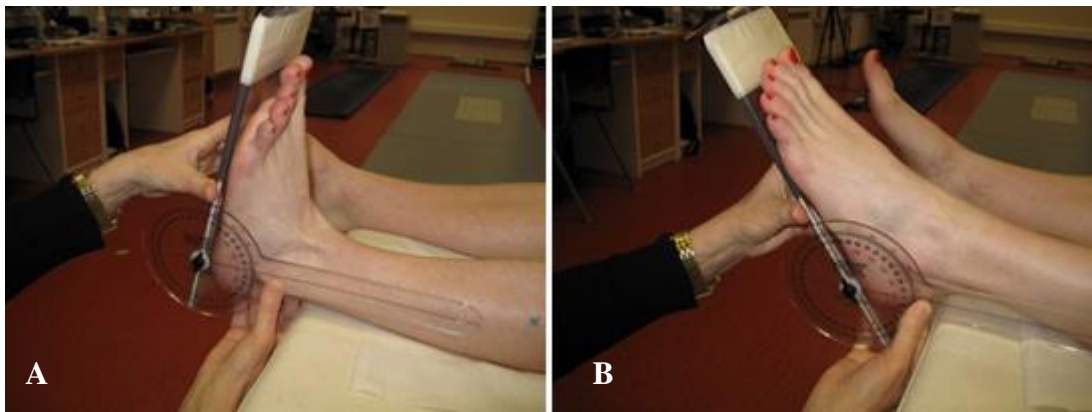
**Joonis 3.** Vaatlusaluste asend *m. peroneus longus* (pikk pindluulihase) mõõtmisel.



**Joonis 4.** **A** - Vaatlusaluste asend jala taldmiste lihaste toonuse näitajate mõõtmisel. **B** - Taldmiste lihaste markeeringud müomeetriga mõõtmisel. **1.** *m. abductor hallucis* (suurvarba-eemaldaja) distaalne ots, **2.** *m. abductor digiti minimi* (väikevarba-eemaldaja) distaalne ots, **3.** *m. abductor hallucis* proksimaalne ots, **4.** *m. abductor digiti minimi* proksimaalne ots.

### 3.2.3. Goniomeetria - hüppeliigese aktiivse liikuvusulatuse määramine

Hüppeliigese liikuvuse määramiseks kasutati mehaanilist goniomeetrit (Sammons Preston, USA), mille käigus mõõdeti dorsaalfleksioon (painutus) (Joonis 5A) ja plantaarfleksioon (sirutus) (Joonis 5B). Vaatlusalune lamas teraapialaual selili nii, et mõlema jala hüppeliiges ulatus üle laua ääre. Nii dorsaal- kui ka plantaarfleksiooni mõõdeti järjestikku kolm korda, millest analüüsimiseks võeti maksimaalne tulemus.



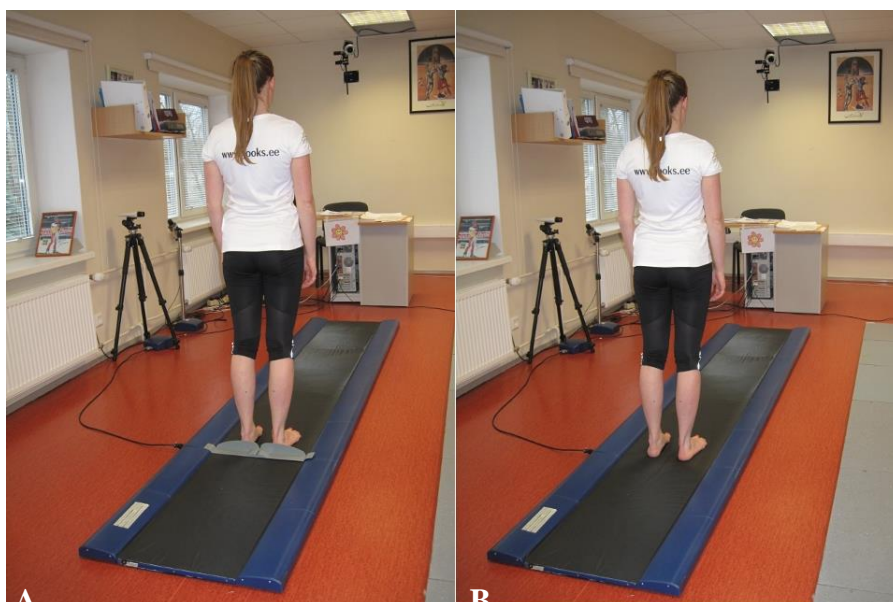
**Joonis 5.** Aktiivse liikuvuse mõõtmine. **A** - dorsaalfleksiooni mõõtmine. **B** - plantaarfleksiooni mõõtmine.

#### 3.2.4. Podomeetria - jalgade koormusjaotuse määramine

Podomeetrias ehk jalalaba uuringutes määratakse seismisel jalatallale mõjuvaid survejõude ning analüüsitakse labajala seisundit (MacLean *et al.*, 2006). Antud magistritöös mõõdeti koormusjaotust staatiliselt seisutestiga, milleks kasutati podomeetrilist süsteemi *Digital Biometry Images Scanning System* (DBISS) (Diagnostic Support s.r.l., Roma, Itaalia). Esmalt sisestati DBISS, *Milletrix*<sup>®</sup> programmi testiks vajalikud algandmed (vanus, sugu, pikkus, kaal ning jalanõu suurus – jalalabapikkuse järgi).

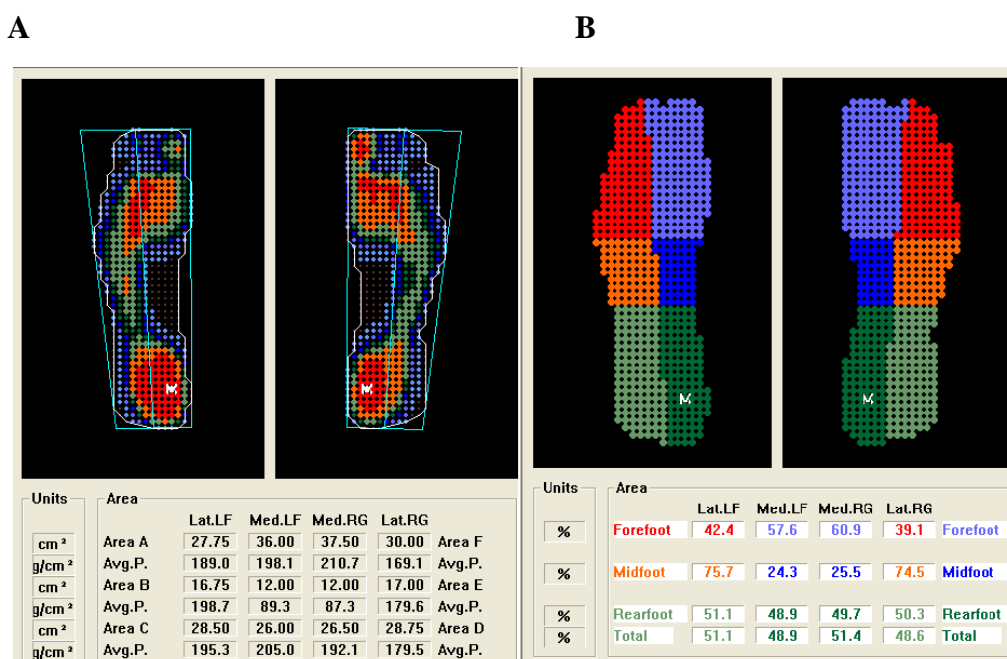
Uuringus teostati staatiline seisutest (*static test*), kus vaatlusalusel registreeriti viie sekundi jooksul jalatalla koormusjaotus. Vaatlusalune seisis dünamograafilisel platvormil paljajalu, jalad puusade laiuselt, keharaskus jaotatud võrdselt mõlemale jalale, käed küljel ning pilk suunatud otse-ette. Esmalt fikseeriti vaatlusaluse asend spetsiaalse toega, mis kindlustas ühesuguse kandade kauguse asetuse platvormil (Joonis 6A). Enne viie sekundilist registreerimist eemaldati vastav fiksaator (Joonis 6B) ning mõõdeti vaatlusaluse jalgade survejõud.





**Joonis 6.** Staatiline seisutest dünamograafilisel platvormil. **A** – vaatlusasluse asendi fikseerimine kannatoega. **B** – asend survejõudude ja toepinna registreerimisel.

Jalalaba seisundi analüüsimiseks kasutati *Milletrix* tarkvara. Antud uuringus võeti koormusjaotuste (%), mis iseloomustavad survejõu protsentuaalset jaotuvust talla toepinnast lähtuvalt, survejõudude ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ), mis iseloomustavad survejõudu grammides ühele talla  $\text{cm}^2$  – le ning talla toepindade ( $\text{cm}^2$ ) keskmised näitajad. Võrreldi vasaku ja parema jala põia- ning kannaosas lateraalseid ja mediaalseid külgi (Joonis 7).

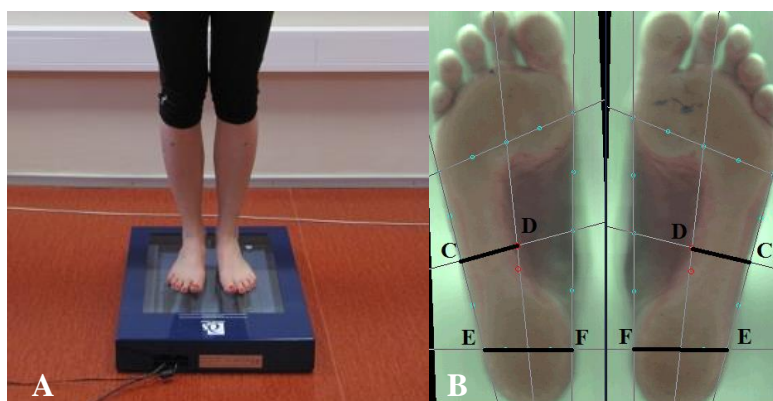


**Joonis 7.** Survejõudude, toepinna ning koormusjaotuse näitajad. **A** – survejõu ja toepinna näitajad. **B** – koormusjaotuse näitajad.



### 3.2.5. Staheli võlviindeksi määramine

Jalalaba võlviindeksi määramiseks ja arvutamiseks kasutati podoskännerit (*podoscanalyzer*) (Diagnostic Support s.r.l., Roma, Itaalia ) (Joonis 8A). Vaatlusalune seisis skänneril paljajalu, jalad puusade laiuselt, keharaskus võrdselt mõlemal jalal, käed küljel ning vaade suunatud otse-ette. Vastavate tulemuste abil hinnati vaatlusaluste põiavõlvi kuju (normaalne, lamenenud, kõrge) Staheli indeksi (Staheli *et al.*, 1987) alusel (Joonis 8B). Täiskasvanutel loetakse Staheli indeksi normaalväärtusteks vahemikku 0,30 – 1,0, mis viitab normaalse põiavõlvi esinemisele. Naiste keskmine põiavõlvi indeksi väärtus on 0,66 (meestel 0,71).



**Joonis 8.** **A** – podoskänner (Diagnostic Support s.r.l., Roma, Itaalia). **B** - Staheli jalalaba põiavõlvi indeksi arvutamine – jalalaba kitsaima lateraalse laius (CD) ja kanna laius (EF) suhe.

### 3.2.6. Dünamomeetria – maksimaalse isomeetrilise varvaste jõu määramine

Varvaste pigistusjõu (*toe grip strength*) näitajate mõõtmiseks kasutati spetsiaalset dünamomeetrit (T.K.K.3362 Takei Scientific Instruments, Niigata, Japan) (Joonis 9A). Testmine teostati seistes, jalad puusade laiuselt, pilk suunatud otse ette, keharaskus mõlemal jalal. Selleks, et tagada keharaskuse võrdne jaotus, asetati dünamomeetri ja vaatlusaluse (testimisel parasjagu mitte oleva) jala alla vastavad plaadid, mis moodustasid ühtse tasapinna.



**Joonis 9.** **A** - varvaste pigistusjõu mõõtmiseks kasutatud dünamomeeter (T.K.K.3362, Takei Scientific Instruments, Niigata, Japan). **B** - Vaatlusaluse asend varvaste pigistusjõu mõõtmisel dünamomeetriga.

Jalalaba on paigutatud dünamomeetrile nii, et esimene proksimaalne varbalüli on asetatud dünamomeetri haarde kangile ning jalalaba pikkuse järgi kohandatav kannastopper fikseerib ja toetab kanda. Mõõtmist teostati 0,05 kg täpsusega (Uritani *et al.*, 2012). Vaatlusaluse testimisel kasutatud asend on esitatud joonisel 9B.

### 3.3. Uuringu korraldus

Eksperimendi läbi viimine toimus Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika laboris (Ujula 4, ruum 203). Mõõtmised toimusid vahemikus november 2014 – aprill 2015. Vaatlusaluste mõõtmised olid ühekordsed. Vaatlusalused täitsid enne mõõtmiste algust uuringukaardi (Lisa 1).

### 3.4. Andmekogumise ja statistilise andmetöötluse meetodid

Andmete töötlemiseks kasutati MS Excel 2010 ja Statistica 12 tarkvara. Arvutati kõikide saadud näitajate aritmeetiline keskmine ( $\bar{X}$ ), standardhälve ( $\pm SD$ ) ja standardviga ( $\pm SE$ ). Näitajate erinevuse olulisuse kontrolliks nimetatud gruppide vahel kasutati sõltumatute tunnuste Studenti t-testi ning vastavate näitajate erinevuse olulisuse kontrolliks grupi sees

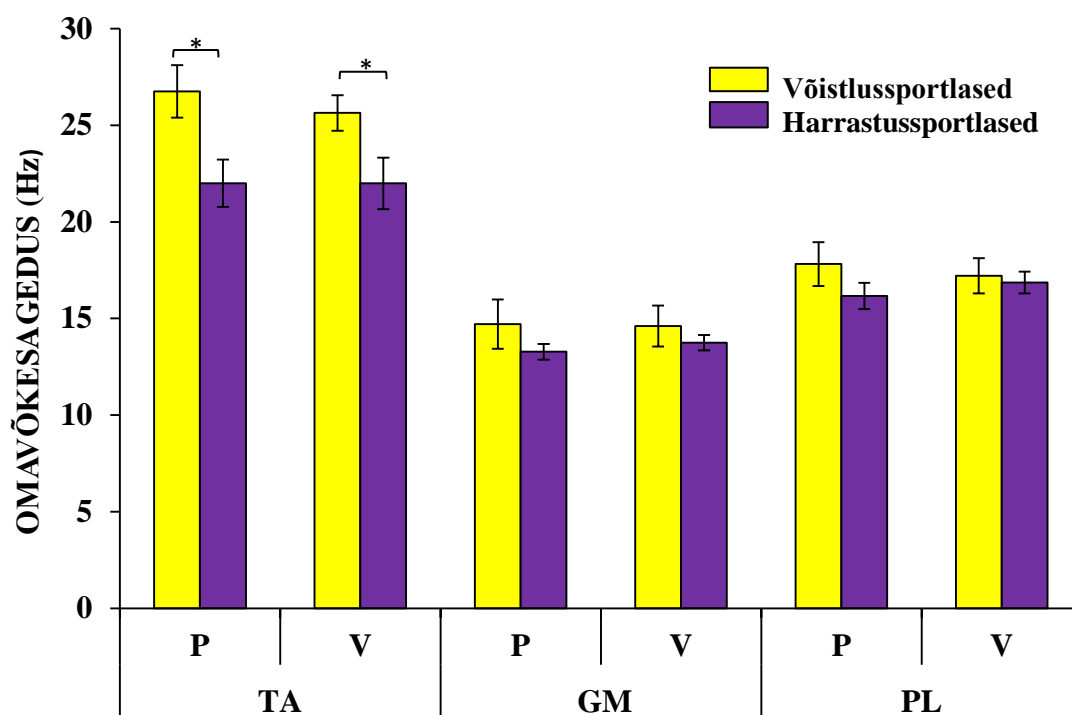
kasutati Studenti paaride t-testi. Andmete normaaljaotust võrreldi Shapiro-Wilksi testiga ( $p \geq 0,05$ ). Madalamaks olulisuse nivooks valiti  $p < 0,05$ . Arvuliste tunnuste vahel leiti Pearsoni lineaarne korrelatsioonikordaja ning mittearvuliste tunnuste osas kasutati Spearmani korrelatsioonikordajat.

## 4. TÖÖ TULEMUSED

### 4.1. Müomeetria

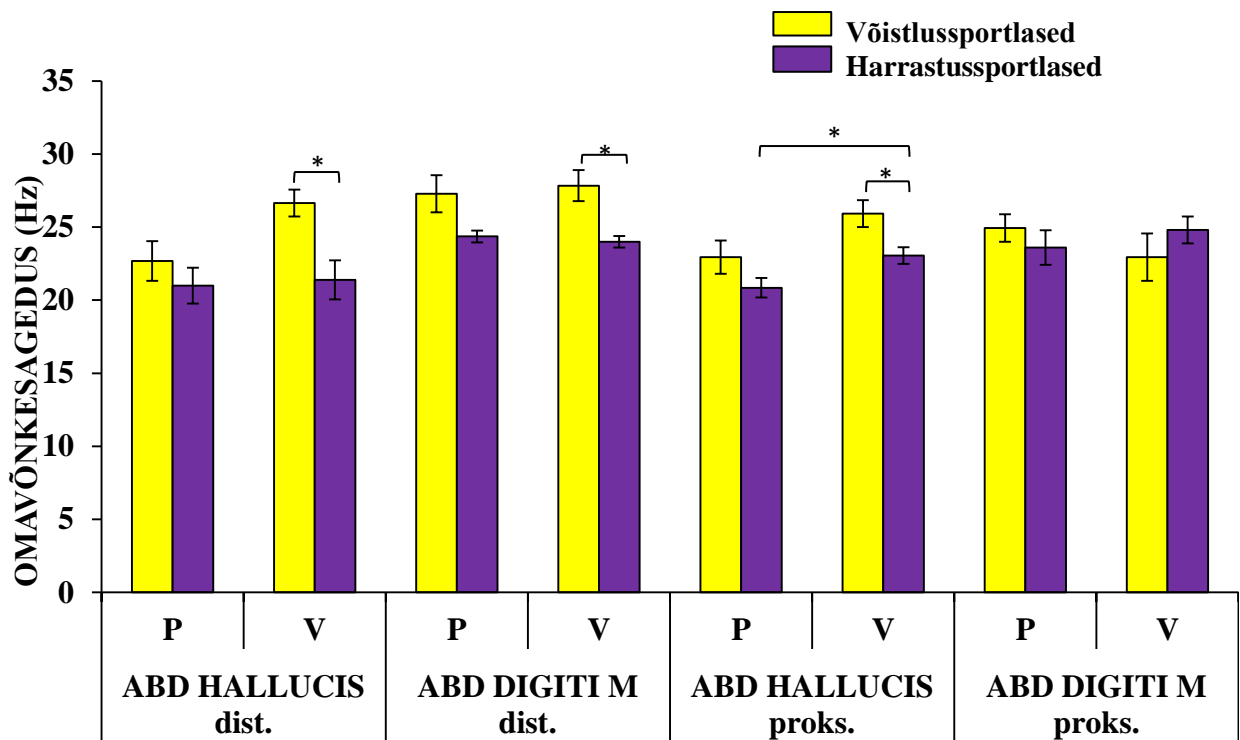
#### 4.1.1. Lihastoonuse hindamine

Lihastoonuse kirjeldamiseks kasutati müomeetrilist meetodit, mille käigus registreeriti säärelihaste (TA, GM, PL) ja jala taldmiste lihaste (ABD HALLUCIS dist. ja ABD DIGITI M dist. osa, ABD HALLUCIS ja ABD DIGITI M proks. osa) omavõnkesagedus. VS ja HS säärelihaste mõõtmistulemuste võrdlus on esitatud joonisel 10. Kahe grupi vahel ilmnas TA omavõnkesageduse näitajate vahel statistiliselt oluline erinevus ( $p < 0,05$ ) – vastavad parameetrid olid suuremad VS grupil nii parema kui ka vasaku jala lihasele. GM ja PL toonuse näitajates statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud.



**Joonis 10.** Säärelihaste toonuse näitajad (omavõnkesagedus, Hz). P – parem jalg, V – vasak jalg, TA - *m. tibialis anterior*, GM - *m. gastrocnemius caput mediale*, PL - *m. peroneus*. ( $\bar{X} \pm SE$ ). \* $p < 0,05$ .

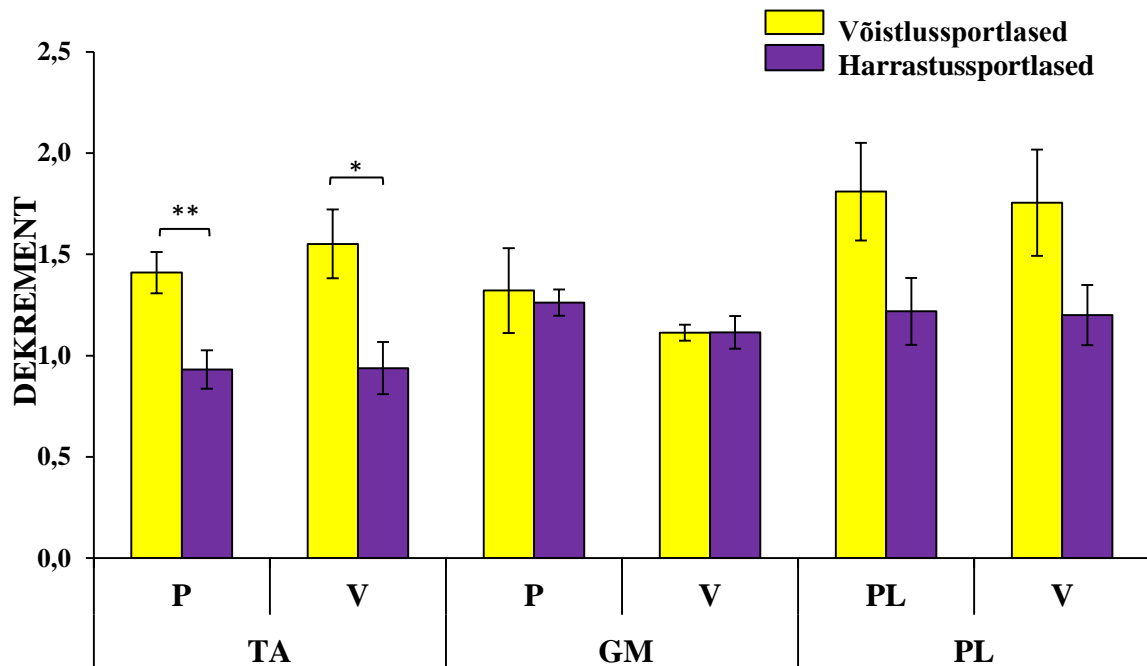
Jala taldmiste lihaste omavõnkesageduse parameetrid on esitatud joonisel 11. VS grupi ABD HALLUCIS dist., ABD DIGITI M dist. ja ABD HALLUCIS proks. vasaku jala lihase omavõnkesageduse näitajad olid võrreldes HS oluliselt suuremad ( $p < 0,05$ ). Statistiliselt oluline erinevus ( $p < 0,05$ ) esines HS grupil ABD HALLUCIS proks. lihase parema ja vasaku jala näitajates.



**Joonis 11.** Taldmiste lihaste toonuse näitajad (omavõnkesagedus, Hz). P – parem jalg, V – vasak jalg, ABD HALLUCIS dist. - *m. abductor hallucis* (distaalne osa), ABD DIGITI M dist. - *m. abductor digiti minimi* (distaalne osa), ABD HALLUCIS proks. - *m. abductor hallucis* (proksimaalne osa), ABD DIGITI M proks. - *m. abductor digiti minimi* (proksimaalne osa). ( $\bar{X} \pm SE$ ). \* $p < 0,05$ .

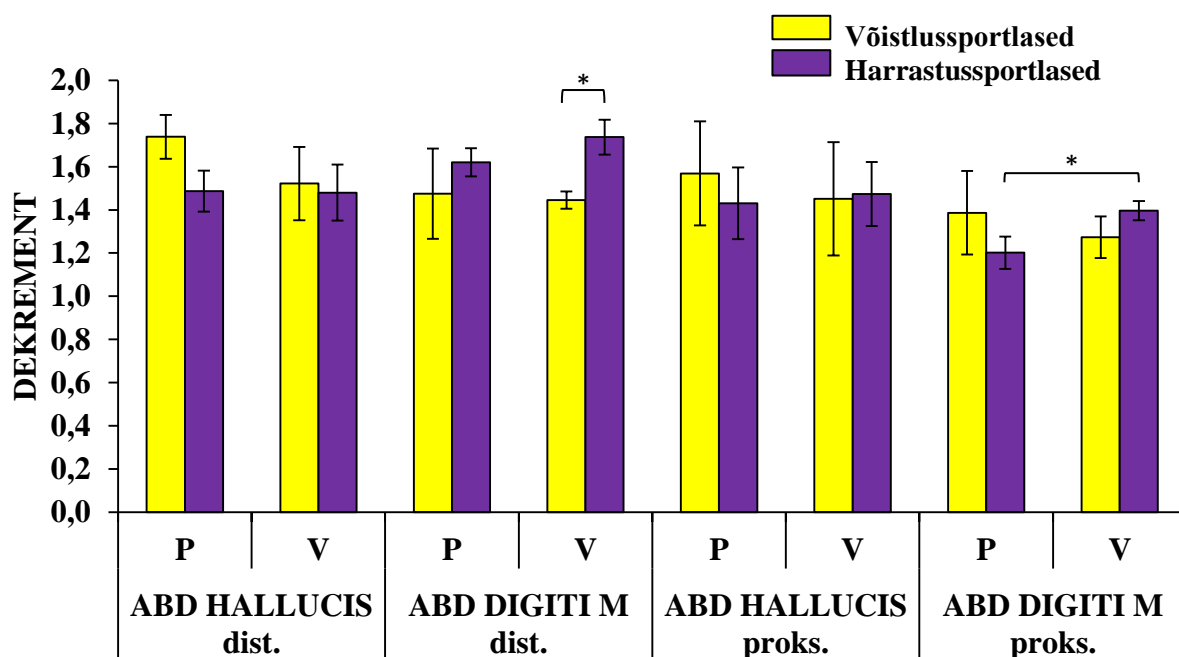
#### 4.1.2. Lihase elastsuse hindamine

Lihase elastsuse iseloomustamiseks kasutati müomeetriga mõõdetud dekremendi väärtusi. Mõõtmisel registreeriti säärelihaste (TA, GM, PL) ja jala taldmiste lihaste (ABD HALLUCIS dist., ABD DIGITI M dist., ABD HALLUCIS proks., ABD DIGITI M proks.) dekremendi parameetrid. VS ja HS säärelihaste dekremendi näitajate võrdlus on esitatud joonisel 12. VS grupi dekremendi mõõtmistulemused olid võrreldes HS oluliselt suuremad parema ( $p < 0,01$ ) ja vasaku ( $p < 0,05$ ) jala TA lihasel. GM ja PL elastsuse näitajates statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud.



**Joonis 12.** Säärelihaste elastsuse näitajad (dekrement). P – parem jalg, V – vasak jalg, TA - *m. tibialis anterior*, GM - *m. gastrocnemius caput mediale*, PL - *m. peroneus longus*. ( $\bar{X} \pm SE$ ). \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ .

Jala taldmiste lihaste dekremendi parameetrid on esitatud joonisel 13. Statistiliselt oluliseks ( $p < 0,05$ ) saab pidada HS suuremat dekremendi väärtust vasaku jala ABD DIGITI M dist. võrreldes VS grupiga. Lisaks esines HS grupis oluline erinevus ( $p < 0,05$ ) parema ja vasaku jala võrdluses ABD DIGITI M proks. vahel. Statistiliselt olulist erinevust ei esinenud ABD HALLUCIS dist. ja ABD HALLUCIS proks. vahel.



**Joonis 13.** Taldmiste lihase elastsuse näitajad (dekrement). P – parem jalg, V – vasak jalg, ABD HALLUCIS dist. - *m. abductor hallucis* (distaalne osa), ABD DIGITI M dist. - *m. abductor digiti minimi* (distaalne osa), ABD HALLUCIS proks. - *m. abductor hallucis* (proksimaalne osa), ABD DIGITI M proks. - *m. abductor digiti minimi* (proksimaalne osa). ( $\bar{X} \pm SE$ ). \*  $p < 0,05$ .

#### 4.2. Goniomeetria - hüppeliigese aktiivse liikuvuse hindamine

Hüppeliigese liikuvuse määramiseks kasutati mehaanilist goniomeetrit, millega mõõdeti vaatlusalustel dorsaal- ja plantaarfleksioon. Liigese liikuvuse ulatuse parameetrite võrdlus on esitatud tabelis 2. Kahe grupi võrdluses esines statistiline olulisus ( $p < 0,05$ ) parema jala plantaarfleksiooni näitajates, kus HS liigese nurk on VS omadest suurem. Dorsaalfleksiooni ja vasaku jala plantaarfleksiooni näitajates ei esinenud statistiliselt olulisi erinevusi gruppide vahel. Samas tasub märkida, et HS grupi liigese liikuvuse ulatus oli mõlema näitaja korral suurem kui VS grupil.

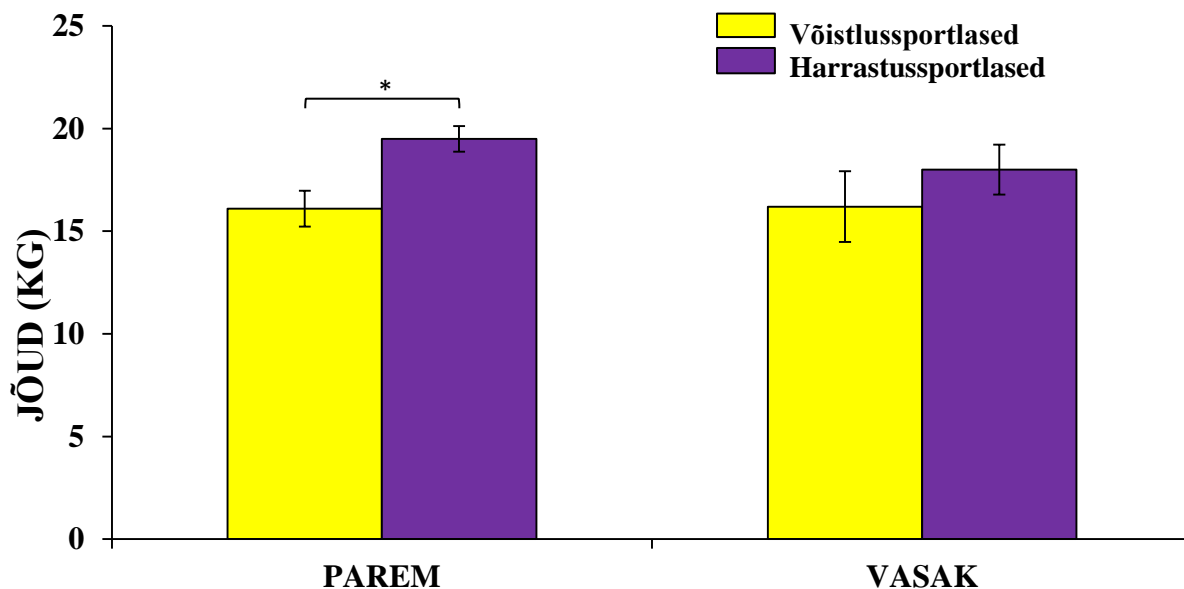
**Tabel 2.** Hüppeliigese aktiivne liikuvus (dorsaal- ja plantaarfleksioon). ( $\bar{X} \pm SE$ ).

Grupp	dorsaalfleksioon°		plantaarfleksioon°	
	parem	vasak	parem	vasak
<b>Võistlussportlased</b>	12,0 ± 1,5	11,7 ± 1,9	37,3 ± 1,7	39,0 ± 2,4
<b>Harrastussportlased</b>	14,8 ± 2,0	14,5 ± 1,4	42,5 ± 0,4*	42,5 ± 1,3

\* $p < 0.05$  statistiliselt oluline erinevus VS –ga.

### 4.3. Dünamomeetria – varvaste pigistusjõu hindamine

Varvaste pigistusjõu näitajad määrati spetsiaalse dünamomeetriga. VS ja HS gruppide jõunäitajate võrdlus on esitatud joonisel 14. Statistiliselt oluline ( $p < 0,05$ ) erinevus esineb parema jala jõunäitajate tulemustes, kus HS grupil on vastav väärtus suurem kui VS grupil. Vasaku jala varvaste jõuparameetrites olulist erinevust ei esinenud, kuigi vastav näitaja oli suurem HS grupil.



Joonis 14. Varvaste pigistusjõud. ( $\bar{X} \pm SE$ ). \*  $p < 0,05$ .

### 4.4. Podomeetria

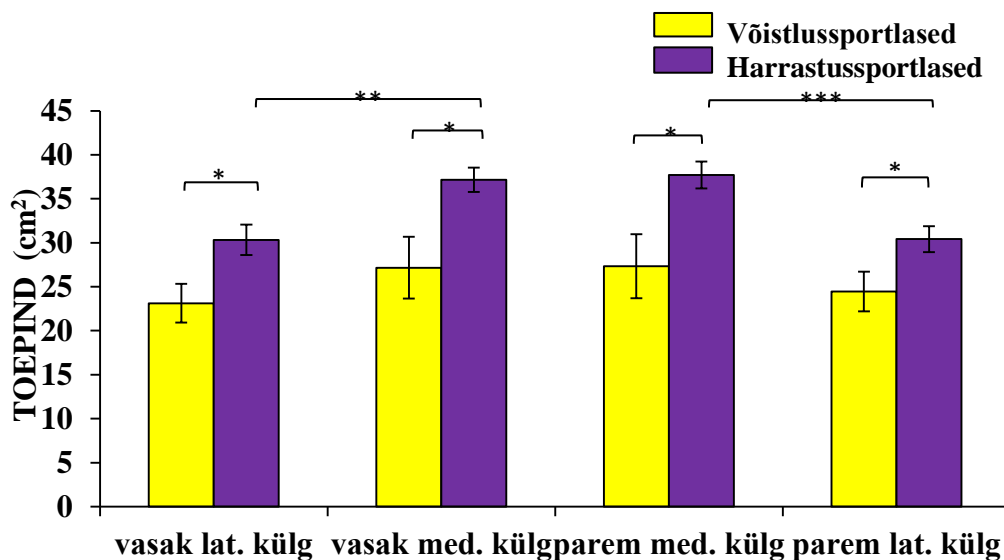
#### 4.4.1. Koormusjaotuse protsentuaalsete (%) näitajate hindamine

Pöiaosa vasaku ja parema jala lateraalsete ning mediaalsete külgede koormusjaotuse protsentuaalne (%) võrdlus VS ja HS grupi vahel on esitatud joonisel 15. Statistiliselt oluline erinevus ( $p < 0,01$ ) esines HS grupil parema jala mediaalse ja lateraalse külje omavahelises võrdluses. HS grupi parema jalalaba pöiaosal langeb protsentuaalselt suurem jaotus mediaalsele küljele, mis põhjustab selles piirkonnas suuremat surve avaldumist. Ülejäänud parameetrite võrdluses statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud.



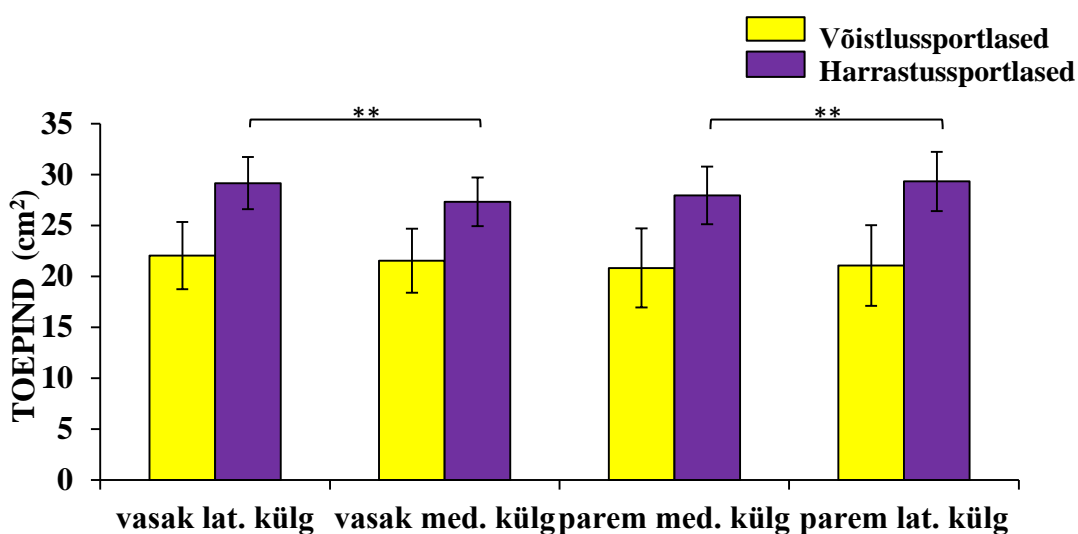


toepindades. Vastavad pöiaosa toepinna näitajad olid suuremad HS grupil. HS grupil esines statistiliselt oluline erinevus vasaku jala lateraalse ja mediaalse külje võrdluses ( $p<0,01$ ) ning ka parema jala mediaalse ja lateraalse külje vahel ( $p<0,001$ ).



**Joonis 17.** Pöiaosa toepinna (cm<sup>2</sup>) näitajad. lat. – lateraalne, med. – mediaalne. ( $\bar{X} \pm SE$ ).  
\* $p<0,05$ , \*\* $p<0,01$ , \*\*\* $p<0,001$ ,

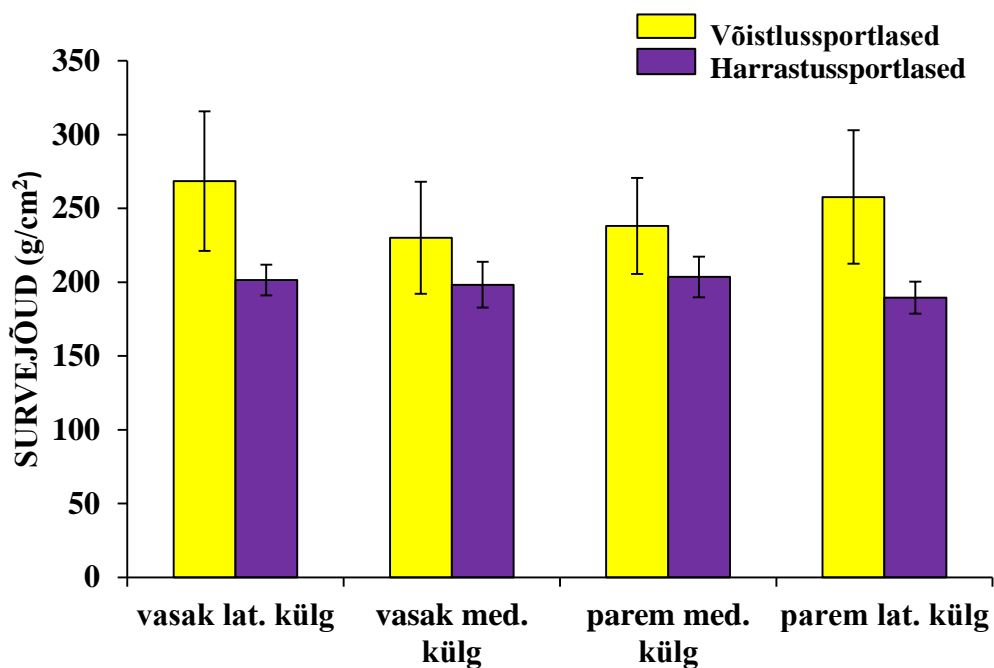
Kannaosa vasaku ja parema jala lateraalsete ning mediaalsete külgede toepinna (cm<sup>2</sup>) võrdlus VS ja HS grupi vahel on esitatud joonisel 18. Statistiliselt oluline erinevus osutus HS grupis nii vasaku jala lateraalse ja mediaalse külje vahel ( $p<0,01$ ) kui ka parema jala mediaalse ja lateraalse külje võrdluses ( $p<0,01$ ). Kahe grupi omavahelises parameetrite võrdluses olulisi erinevusi ei esinenud.



**Joonis 18.** Kannaosa toepinna (cm<sup>2</sup>) näitajad. lat. – lateraalne, med. – mediaalne. ( $\bar{X} \pm SE$ ). \*\* $p<0,01$ .

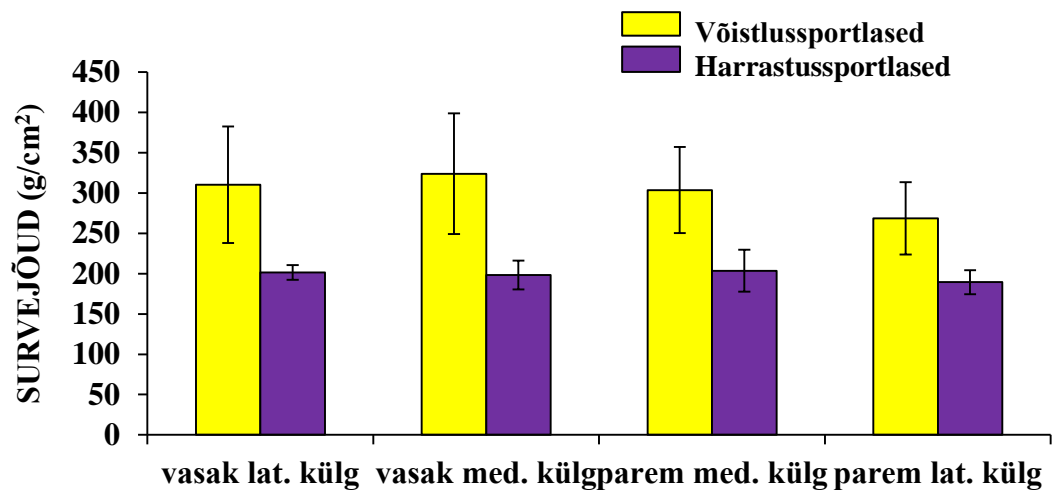
#### 4.4.3. Survejõu ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) näitajate hindamine

Pöiaosa vasaku ja parema jala lateraalsete ning mediaalsete külgede survejõu ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) võrdlus VS ja HS grupi vahel on esitatud joonisel 19. Statistiliselt olulisi erinevusi vaatlusaluste pöiaosa parameetrite võrdluses ei esinenud. Samas tasub märkida, et VS grupil on iga hindamise all olevas parameetris survejõu näitajad suuremad kui HS grupil, kuid suure standardvea tõttu ei esine tulemuste erinevustes statistilist olulisust.



**Joonis 19.** Pöiaosa survejõu ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) näitajad. lat. – lateraalne, med. – mediaalne. ( $\bar{X} \pm \text{SE}$ ).

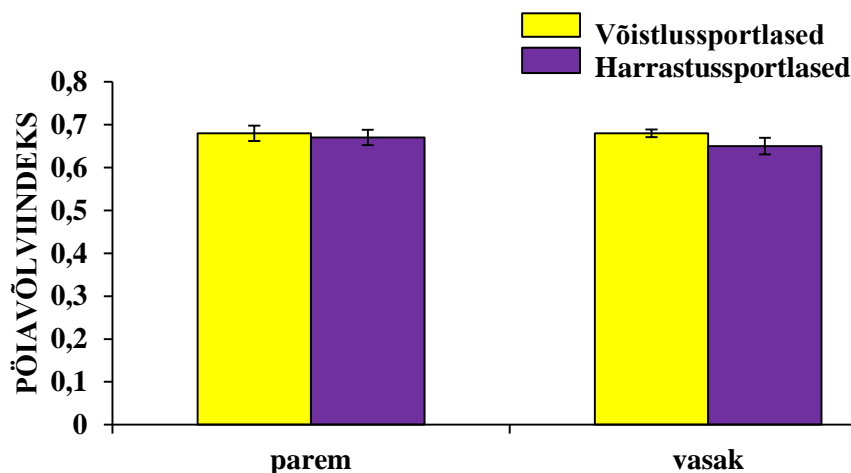
Kannaosa vasaku ja parema jala lateraalsete ning mediaalsete külgede survejõu ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) võrdlus VS ja HS grupi vahel on esitatud joonisel 20. Statistiliselt olulisi erinevusi vaatlusaluste kannaosa parameetrite võrdluses ei esinenud. Samas tasub märkida, et VS grupil on iga hindamise all olevas parameetris survejõu näitajad suuremad kui HS grupil, kuid suure standardvea tõttu ei esine tulemustes statistilist olulisust.



**Joonis 20.** Kannaosa survejõu ( $\text{g/cm}^2$ ) näitajad. lat. – lateraalne, med. – mediaalne. ( $\bar{X} \pm \text{SE}$ ).

#### 4.4.4. Staheli põlavõlvi indeksi määramine

Põlavõlvi indeksi parameetrite võrdlus on esitatud joonisel 21. Statistiliselt olulisi erinevusi VS ja HS grupi võrdluses ei esinenud. Nii VS kui ka HS grupi võlviindeksid jäid normaalväärtuste piiridesse, vastvalt 0,68 ja 0,66.

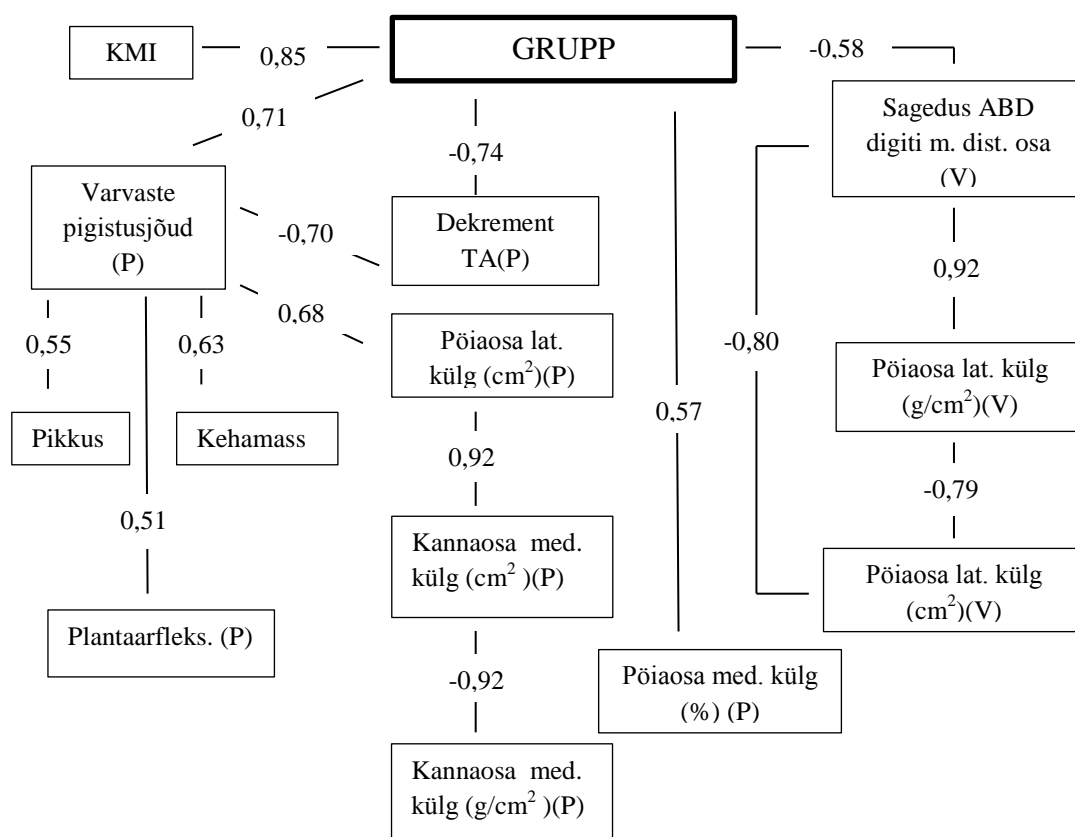


**Joonis 21.** Staheli põlavõlvi indeksi näitajad. ( $\bar{X} \pm \text{SE}$ ).

#### 4.5. Olulisemad korrelatiivsed seosed mõõdetud parameetrite vahel

Käesoleva töö põhilised seosed uuringus käsitletud näitajate vahel on esitatud joonisel 22. VS ja HS grupil ilmnes tugev korrelatsioon KMI ( $r = 0,85$ ;  $p < 0,001$ ) parema jala varvaste pigistusjõuga ( $r = 0,71$ ;  $p < 0,001$ ), negatiivne tugev seos TA dekremendi ( $r = -0,74$ ;  $p < 0,01$ ) väärtustega ning mõõdukas seos ( $r = 0,57$ ;  $p < 0,05$ ) parema jala põiaosa lateraalse osa

protsentuaalse jaotusega. Vasaku jala *m. abductor digiti minimi* distaalse osa omavõnkesageduse parameetriga oli mõlemal grupil keskmine negatiivne korrelatsioon ( $r = -0,58$ ;  $p < 0,05$ ). Parema jala varvaste pigistusjõud omas mõõdukat seost pikkuse ( $r = 0,55$ ;  $p < 0,05$ ) ja kehamassi ( $r = 0,63$ ;  $p < 0,05$ ) ning parema jala plantaarfleksiooni ( $r = 0,51$ ;  $p < 0,05$ ) ja põiosa lateraalse külje toepinna ( $\text{cm}^2$ ) ( $r = 0,68$ ;  $p < 0,05$ ). Samuti ilmnes pigistusjõu ja parema jala TA dekrementi väärtuste vahel tugev positiivne seos ( $r = 0,70$ ;  $p < 0,01$ ). Parema jala kannaosa mediaalse külje toepinna ( $\text{cm}^2$ ) ja survejõu ( $\text{g/cm}^2$ ) vahel esines tugev negatiivne seos ( $r = -0,92$ ;  $p < 0,001$ ). Samade parameetrite korrelatsioon ilmnes ka vasaku jala põiosa lateraalsel küljel ( $r = -0,79$ ;  $p < 0,01$ ). Omavõnkesageduse ja survejõu parameetritesesines tugev negatiivne seos vasaku jala *m. abductor digiti minimi* distaalse sa ja põiosa lateraalse külje vahel ( $r = -0,80$ ;  $p < 0,001$ ).



**Joonis 22.** Korrelatiivsete seoste plokk skeem.  $|r_{xy}| \geq 0,51$ . P – parem, V – vasak. Tunnuses ”grupp” väärtus: 1 – võistlussportlased; 2 – harrastussportlased

## 5. ARUTELU

Käesoleva uuringu eesmärk oli hinnata harrastus- ja kõrgema tasemega naispikamaajooksjate lihaste funktsionaalset seisundit, kirjeldada jalalabale mõjuvaid koormusjaotusi ning välja selgitada varvaste pigistusjõu näitajad. Ühtlasi oli oluline leida käsitletud väärtuste omavahelised tähtsamad seosed.

Antud uurimusele hinnangut andes, saab välja tuua peamised alljärgnevad vastused ja seosed püstitatud uurimisküsimustele.

### 5.1. Lihaste funktsionaalne seisund

Lihastoonust hinnati müomeetrilise meetodi abil lihase omavõnkesageduse järgi, mis iseloomustab lihaspinget (Vain, 2002). Käesolevas uuringus esines VS ja HS grupi vahelises võrdluses nii vasaku kui ka parema jala TA omavõnkesageduste parameetrites oluline erinevus. Selgus, et VS grupil ilmnevad TA kõrgemad omavõnkesageduse näitajad, mis viitavad suurenenud lihaspinge ja -toonuse esinemisele. Korhonen *et al.* (2005) uuringu tulemustest selgus, et TA puhkeoleku sageduse näitajad on kõrgemad patoloogilise lihasesisese rõhu korral võrreldes vaatlusalustega, kellel puuduvad vastavad haigusilmingud. Sarnaselt Korhonen *et al.* (2005) uuringule on veel täheldatud puhkeolekus lamades kõrgemaid TA lihastoonuse näitajaid *Hallux Valgus* deformatsiooniga vaatlusalustel, kellel leiti oluline toonuse suurenemine võrdluses kontrollgrupiga (Arge, 2013). Sellest tulenevalt indikeerivad kõrged lihastoonuse näitajad võimalikke patoloogiate esinemist. Küll aga ei esinenud TA omavõnkesageduse näitajates olulist erinevust jalgpallurite populatsioonis, kus võrreldi omavahel madala ja normaalse põjavõlviga vaatlusaluseid (Soosalu, 2009).

Lihase elastsust analüüsiti antud uuringus müomeetriga registreeritud dekremendi näitajate kaudu. Vastava parameetri abil saab iseloomustada elastsust, mis kirjeldab lihase võimet taastada peale kokkutõmmet oma esialgne kuju. Mida väiksem on dekremendi väärtus, seda elastsem on lihas (Korhonen *et al.*, 2005; Vain, 2012). Käesolevas uuringus ilmnemid VS grupil rahulolekus kõrgemad dekremendi väärtused võrreldes HS grupiga. Oluline erinevus esines parema ja vasaku jala TA lihasel, mis viitab VS vastava lihase vähenenud elastsusele. Kuna VS grupil ilmnemid ka kõrgeenenud lihaspinge ning eelnevalt mainitud elastsust kirjeldav dekremendi näitaja oli suurem, siis selle tulemuse põhjal saab järeldada, et VS grupi TA funktsionaalne seisund võib olla häirunud. Antud tulemused aga ei ühti jalgpallurite uuringuga (Soosalu, 2009), kus leitud dekremendi väärtuste võrdluses ei esinenud gruppide vahel märkimisväärsed erinevusi. Käesolevatele lihastoonuse ja -elastsus tulemustele hinnangut andes peab tõdema, et VS tulemusi võisid mõjutada eelnevatel päevadel sooritatud treeningud või äsjane osalemine võistlustel.

Huvitav seos tekkis parema jala TA dekremendi väärtuste ja varvaste pigistusjõu tulemuste vahel. Kuna HS grupil olid parema jala pigistusjõu näitajad suuremad ning dekremendi väärtused väiksemad, siis võib vastava tulemuse põhjal järeldada, et lihaselastsus on seotud produtseeritud jõuga. Antud asjaolu kinnitab ka parameetrite tugev korrelatsioon ( $r = 0,70$ ). Vastavad näitajad olid vastupidised VS grupil, kellel kõrgete dekremendi väärtustega korral ilmnemad madalamad varvaste pigistusjõu näitajad.

Jalalaba taldmiste lihaste seisundi hindamist müomeetrilise meetodiga võib pidada uuenduslikuks, kuna teaduskirjanduses ei leidu sarnaseid uuringuid. Statistiliselt osutus märkimisväärseks ( $p < 0,05$ ) vasaku jala *m. abductor hallucis* ja *m. abductor digiti minimi* distaalse osa ning *m. abductor hallucis* proksimaalse osa omavõnkesageduse näitajad, mis olid kõrgemad VS grupil. Antud tulemustest järeldub, et VS ilmneb eelnimetatud lihastel kõrgeim lihastoonus võrreldes HS grupiga. Võistlussportlaste treeningkordade ja –tundide arv on mitu korda suuremad võrreldes HS grupiga. Autori hinnangul võib tuleneda jala taldmiste lihaste kõrgema pinge esinemine VS suuremast treeningkoormusest, mille tõttu jalalabale mõjuvate survejõudude avaldumine maapinna ja jalatalla kokkupuutel on sagedasem tehtavate jooksusammude arvude tõttu. Vastukaaluks kõrgemale lihastoonuse näitajatele, ei esinenud elastsuse näitajates VS hulgas märkimisväärsed ülekaalukaid väärtusi. Lihaselastsuse parameetrites osutus oluline erinevus ( $p < 0,05$ ) vasaku jala *m. abductor digiti minimi* distaalse osa tulemustes, kus esinesid kõrgemad dekremendi väärtused HS grupil.

## 5.2. Podomeetria

Staheli indeksi järgi määrati jooksjate põiavõlvi kuju (kõrge  $< 0,3$ , normaalne  $0,3 - 1,0$ , madal  $> 1,0$ ) (Staheli *et al.*, 1987). Antud töös leitud väärtuste (VS  $0,68$ ; HS  $0,66$ ) põhjal esineb kõikidel uuringus osalenud vaatlusalustel normaalne põiavõlv. Seega ei saa seostada alljärgneva tulemuse ei kõrge ega madala põiavõlviga, kuigi saadud väärtused näitasid küllaltki olulisi erinevusi gruppide vahel.

Käesolevas töös esines VS grupil põiaosa toepinna ( $\text{cm}^2$ ) absoluutnäitajates oluline erinevus HS grupiga. Tulemustest selgus, et VS grupil on jalatalla toepind põiaosas pindalaühiku ( $\text{cm}^2$ ) kohta väiksem, kui HS grupil. Vasaku jala põiaosa lateraalse külje toepinna absoluutnäitaja ( $\text{cm}^2$ ) omab tugevat korrelatsiooni ( $r = 0,79$ ) vasaku jala põiaosa lateraalse külje survejõuga ( $\text{g/cm}^2$ ). Sellest järeldub, et ka survejõu avaldumine vastavas piirkonnas on suurem, kuna antud parameetrid on omavahel sõltuvuses, mida on näidanud ka militaar populatsiooni peal tehtud uuring (Goffar *et al.*, 2013). Samas, käesolevas uuringus ei avaldunud põiaosas statistilist erinevust survejõu ( $\text{g/cm}^2$ ) näitajates VS ja HS võrdluses, mis erineb teistest uuringutest (Fernandez-Seguin *et al.*, 2014; Gravante *et al.*, 2005), kus kõrge

pöiavõlviga vaatlusalustel esines märkimisväärne statistiline olulisus toepinna ( $\text{cm}^2$ ) ja survejõu ( $\text{g/cm}^2$ ) näitajate vahel. Toepinna protsentuaalsetes näitajates ilmnese HS grupil olulised suuremad väärtused parema jala mediaalses osas, võrreldes lateraalse osaga.

Jalalaba suurem kontaktpind maapinnaga tähendab ühtlasemat survejaotust kogu jalatalla ulatuses. Vastupidiselt kontaktpinna vähenemine kutsub esile survejõujaotuse suurema avaldumise nendes jalatalla osades, kuhu peamine koormus langeb (Fernandez-Seguin *et al.*, 2014). Eelneva uuringu tulemused saadi dünamograafilisel platvormil paljajalu kõndides, mis erineb käesolevast uuringust, kus sooritati paljajalu seisutest. Seega on võimalik, et nii staatiline kui ka dünaamiline test võimaldavad saada sarnase tulemiga informatsiooni.

Kannaosa toepinna ( $\text{cm}^2$ ) absoluut- ja survejõu näitajad ( $\text{g/cm}^2$ ) ei küündinud gruppide võrdluses statistiliselt olulise erinevuseni, mis ühtib Fernandez-Seguin *et al.* (2014) uuringuga, kuigi jooniselt 21 ja 23 on näha, et parameetrite muster sarnaneb põiaosas ilmnenu tulemustele. Kannaosas on samuti analüüsitavad näitajad omavahel tugevas seoses. Parema jala kannaosa mediaalne külg ( $\text{cm}^2$ ) korreleerus ( $r = -0,92$ ) parema jala kannaosa mediaalse külje survejõu ( $\text{g/cm}^2$ ) näitajaga. Käesolevad tulemused erinesid Gravante *et al.* (2005) saadud märkimisväärselt erinevusest ( $p < 0,001$ ) gruppide omavahelises võrdluses kannaosas. Eelnimetatud uuring oli sarnaselt sellele tööle teostatud staatilise seisutestiga.

Willems *et al.* (2012) uuringu tulemused osutasid asjaolule, et jalatalla surve avaldumine tõusis pärast 20 km pikamaajooksu jalalaba keskosas, kanna mediaalsel alal ning metatarsaalluude piirkonnas. Täheledati, et jalalaba kontaktaeg maapinnaga suurenes, seda just metatarsaalluude piirkonnas ning äratõuke faasil langes koormusjaotus rohkem jalalaba lateraalsele küljele. Vastavad tähelepanekud on esinenud teisteski uuringutes (Nagel *et al.*, 2008) ning need on osutunud mitmete pikamaajooksuga seotud vigastuste (koormusmurrud, hüppeliigese vigastused, alajäsemete valu) riskiteguriteks. Willems *et al.* (2012) järeldasid, et jalatalla survejõudude muutused pikamaajooksu tulemusena soodustavad vigastuste tekkimist. Samas on leitud, et pärast 10 km treeningjooksu ei esinenud jalalabale märkimisväärsed mõjusid jalatalla tundlikkuses ning survejõudude jaotuses (Alfuth & Rosenbaum, 2011).

Suur koormuse avaldumine põia- ja kannaosale indikeerib jalalaba taldmise osa vähenenud kokkupuute pindala maapinna suhtes. Antud asjaolu saab seostada alajäsemete ülekoormusvigastuste riskifaktoritega (Gravante *et al.*, 2005). Väiksem kontakti pind suurendab jalalaba jäikust ning vähendab seetõttu võimet summutada põrutusi kontaktil maapinnaga (Fernande-Seguin *et al.*, 2014; Zifchock & Davis, 2008). Seetõttu põhjustab jäikus labajala taga- ja esiosa deformatsioone (Eslami *et al.*, 2009), kuna keharaskus on



jaotunud vastavalt kannale ja päkale (Rogers, 1988), mis omakorda soodustab mediaalse pikivõlvi muutusi (Eslami *et al.*, 2009).

### 5.3. Dünamomeetria

Antud uuringus esines VS ja HS gruppide võrdluses parema jala varvaste pigistusjõu näitajates oluline erinevus. Jõunäitajad olid suuremad HS grupil, mis võib tingitud olla gruppide kehamassi ja –pikkuse erinevustest. Käesolevas uuringus esines varvaste pigistusjõu näitajate vahel keskmine seos kehapikkuse ( $r = 0,55$ ) ja -massiga ( $r = 0,63$ ). Sarnaseid tulemusi saadi ka Uritani, *et al.* (2014) uuringus, kus ilmnes jõu sõltuvus pikkusest, kehamassist ja ka soost. Uritani *et al.* (2014) uuringu kohaselt võib varvaste pigistusjõud lisaks sõltuda ka põiavõlvi eripärast ning jalgade ja varvaste patoloogilistest deformatsioonidest. Käesoleva töö tulemustes ilmnes küll keskmine seos parema jala plantaarfleksiooni ja varvaste pigistusjõu parameetrite vahel ( $r = 0,51$ ), kuid põiavõlvi indeksi ja jõunäitajate vaheline seos ei olnud statistiliselt oluline, mistõttu ei saa antud uuringu tulemuste põhjal seostada jõunäitajate seost põiavõlvi kujuga. Erinevust ei saanud esineda ka sel põhjusel, et vaatlusalustel ei leitud võlviindeksist tulenevalt põiavõlvi eripärasid.

Hashimoto & Sakuraba (2014) uuringu tulemusena leiti statistiliselt oluline suurenemine varvaste pingutusjõu näitajates enne ja pärast 8-nädalast jalataldmiste painutajalihaste jõutreeningut. Treeningu tulemusena paranes 50 meetri kiirjooksu aeg 0,29 sekundit. Samas on leitud, et varbapainutajate jõu mõõtmisel osalevad lisaks sisemistele (sh *m. abductor hallucis* ja *m. abductor digiti minimi*) ka välimised lihased, mistõttu ei pruugi mõõdetud tulemused näidata ainult painutajate lihaste jõudu (Soysa *et al.*, 2012).

Käesolevas uuringus esines mõõdukas korrelatiivne seos ( $r = 0,68$ ) parema jala varvaste pigistusjõu ning parema jala põiaosa toepinna ( $\text{cm}^2$ ) vahel. Uuringud on näidanud, et pikkadel jooksudistantsidel muutub jalalaba toepinna jaotus ja sellega vastavalt ka jalatallale mõjuva surve avaldumine (Nagel *et al.*, 2008; Willems *et al.*, 2012), sellest tulenevalt on jalataldmistel lihastel ja varvaste jõul oluline roll sportilikul sooritusel ning selle paranemisel (Hashimoto & Sakuraba, 2014; Kurihara *et al.*, 2014). Seega taldmiste lihaste treening osutub jooksjatele kasulikuks.

### 5.4. Goniomeetria

Hüppeliigese dorsaal- ja plantaarfleksiooni tulemuste võrdluse põhjal esineb HS suurem liigese aktiivne liikuvusulatus võrreldes VS grupiga. Oluline erinevus oli parema jala plantaarfleksiooni näitajates, kus HS liigesenurk oli  $5,2^\circ$  suurem VS omast. Soucie *et al.* (2011) uuringu tulemuste põhjal leiti 20. – 44. aastaste naiste dorsaal- ja plantaarfleksiooni referentsväärtused, mis olid vastavalt  $13,8^\circ$  ( $12,9 - 14,7$ ) ja  $62,1^\circ$  ( $60,6 - 63,6$ ). Võrreldes

käesoleva uuringu tulemusi Soucie *et al.* (2011) poolt saadud väärtustega, ilmneb pikamaajooksate seas halvem liikuvus hüppeliigese sirutuses.

### **5.5. Uuringu piirangud**

Käesoleva töö põhiliseks piiranguks oli see, et uuritavad osalesid uuringus ühekordselt. Selleks, et tagada saadud tulemuste suurem objektiivsus ja võrdlusmoment tuleks teostada vastavate andmete kogumist ka teist korda. Korduva uuringu teostamise limiteerivaks faktoriks võib lugeda valimisse kaasatud võistlussportlaste kättesaadavust tihedate treeninglaagrite ja võistlusgraafikute tõttu. Antud asjaolu tuleb sportlastega seotud uuringute puhul alati arvestada.

Lihastoonuse uurimise korral võiks teostada toonuse ja elastsuse registreerimist ka lihase maksimaalsel tahtelisel kontraktsioonil, et leida antud väärtuste erinevused. Vastava võrdluse kaudu saab veelgi tõepärasema ülevaate lihase funktsionaalsest seisundist ning võimalikest traumaeelsete seisundi hindamisest. Jala taldmiste lihaste uuring müomeetrit kasutades nõuab kindlasti mitmeid korduvaid uuringuid, et leida kinnitust või vastuväiteid antud lihasgrupi objektiivsetele mõõtmistulemustele.

Shanthikumar *et al.* (2010) soovitusel kohaselt peavad sportlased, kes treenivad ja võistlevad üle kõnnikiiruse, teostama labajala uuringuid ja biomehaanilisi hindamisi vastavalt jooksukiirusel. Tulevikus teostatavad uuringud võiksid keskenduda samade vaatlusaluste jalalaba analüüsile, mille tulemused näitavad nii staatilisel kui ka kõnni- ja jooksukiirusel registreeritud testi väärtusi. Selle alusel saab võrrelda testide näitajate erinevusi ja sarnasusi.

### **5.6. Uuringu tugevused ja praktilised väljundid**

Antud magistriöö raames kasutatud jala taldmiste lihaste müomeetriline uuring tasub eraldi märkimist, kuna teaduskirjanduses puuduvad teadaolevalt käesoleval hetkel sarnased uuringud. Sellest tulenevalt omab käesolev töö uuenduslikku materjali, mida järgnevatel töödes kasutada ja edasi uurida.

Samuti saab uuenduslikuks pidada varvaste pigistusjõu (*toe grip strength*) mõõtmist, mida pole varem naispikamaajooksjate seas uuritud. Käesolev töö määras jõunäitajad seistes, mida teistes uuringutes (Kurihara *et al.*, 2014; Uritani *et al.*, 2012; Uritani *et al.*, 2014) on mõõdetud istudes. Seega seostub vastav meetod paremini jooksjatega, oma mõõtmisasendi tõttu. Teaduskirjanduse andemetele põhinedes avaldati tavapopulatsioonis vanusele ja soole vastavad kontrollväärtused jõunäitajate kohta 2014. aastal (Uritani *et al.*, 2014). Seega vajab käesolev dünamomeetriline meetod jätkuvald uuringuid naisjooksjatega, et käesoleva töö tulemused leiaksid kõrvutamist sarnase vaatlusalustega grupis. Siinsed tulemused osutuvad võrdlusparameetriteks tulevikus tehtavatele samalaadsetele uuringutele.

Jalalaba koormusanalüüsiks kasutatav meetod omab uuringu ajalise ketvuse osas tähtsat rolli. Vastava podomeetrilise süsteemiga staatilise seisutesti mõõtmine on ajaliselt kiireloomuline registreerimine, mis on sportlastest vaatlusaluste uuringutel tähtis faktor. Meetodi eelisteks on eelkõige tehnika kasutamise lihtsus ning kõrge resolutsiooniline mahutavus (Periyasamy *et al.*, 2011), mille kaudu on võimalik saada operatiivselt palju andmeid, mida erinevateks analüüsideks kasutada.

## 6. JÄRELDUSED

1. Võistlussportlastel esinesid oluliselt kõrgeenenud lihastoonuse ja -elastsuse näitajad *m. tibialis anterior* paremal ja vasakul jalal ning suurenenud lihastoonuse väärtused vasaku jala *m. abductor hallucis* distaalses/proksimaalses ja *m. abductor digiti minimi* distaalse osas võrreldes harrastussportlastega.
2. Jalatalla toepinna näitajad põiaosa lõikes olid oluliselt väiksemad võistlussportlaste hulgas võrreldes harrastussportlastega. Staheli põiavõlvi indeksi järgi oli kõikidel jooksjatel normaalne jalavõlv.
3. Harrastussportlastel oli hüppeliigese aktiivne liikuvusulatus oluliselt suurem parema jala plantaarfleksiooni näitajates, võrreldes võistlussportlastega.
4. Harrastussportlaste maksimaalse isomeetrilise varvaste pigistusjõu näitajad olid suuremad kui võistlussportlastel.
5. Jalatalla toepinna ja survejõu näitajate, sääre- ja jalataldmiste lihaste toonuse (nii omavõnkesageduse kui ka dekremendi) väärtuste ning varvaste pigistusjõu näitajate vahel esinesid tugevad korrelatiivseid seoseid naispikamaajooksjate hulgas.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Alfuth M, Rosenbaum D. Long distance running and acute effects on plantar foot sensitivity and plantar foot loading. *Neuroscience Letters* 2011; 503: 58 – 62.
2. Bischof JE, Abbey AN, Chuckpaiwong B, Nunley JA, Queen RM. Three-dimensional ankle kinematics and kinetics during running in women. *Gait & Posture* 2010; 31: 502 – 505.
3. Buldt AK, Murley GS, Butterworth P, Levinger P, Menz HB, et al. The relationship between foot posture and lower limb kinematics during walking: A systematic review. *Gait & Posture* 2013; 38: 363 – 372.
4. Desai S. N, Grierson R, Manoli A. The cavus foot in athletes: fundamentals of examination and treatment. *Oper Tech Sports Med* 2010; 18: 27 – 33.
5. Eslami M, Tanaka C, Hinse S, Anbarian M, Allard P. Acute effect of orthoses on foot orientation and perceived comfort in individuals with pes cavus during standing. *The Foot* 2009; 19: 1 – 6.
6. Fernandez-Seguin LM, Mancha JAD, Rodriguez RS, Martinez EE, Martin BG, et al. Comparison of plantar pressures and contact area between normal and cavusfoot. *Gait & Posture* 2014; 39: 789 – 792.
7. Goffar SL, Reber RJ, Christiansen BC, Miller RB, Naylor JA, et al. Changes in dynamic plantar pressure during loaded gait. *Phys Ther* 2013; 93: 1175 – 1184.
8. Gravante G, Pomara F, Russo G, Amato G, Capello F, et al. Plantar pressure distribution analysis in normal weight young women and men with normal and claw feet: a cross-sectional study. *Clin Anat* 2005; 18: 245 – 250.
9. Hoch A. Z, Pepper M, Akuthota V. Stress fractures and knee injuries in runners. *Phys Med and Rehabil Clin N Am* 2005; 16: 749 – 777.
10. Korhonen RK, Vain A, Vanninen E, Viir R, Jurvelin JS. Can mechanical myotonometry or electromyography be used for the prediction of intramuscular pressure? *Physiol Meas* 2005; 26: 951 – 963.
11. Kurihara T, Yamauchi J, Otsuka M, Tottori N, Hashimoto T, et al. Maximum toe flexor muscle strength and quantitative analysis of human plantar intrinsic and extrinsic muscles by a magnetic resonance imaging technique. *J Foot Ankle Res* 2014; 7:1 – 6.

12. Lun V, Meeuwisse WH, Stergiou P, Stefanyshyn D. Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners. *Br J Sports Med* 2004; 38: 576 – 580.
13. MacLean C, McClay Davis I, Hamill J. Influence of a custom foot orthotic intervention on lower extremity dynamics in healthy runners. *Clin Biomech* 2006; 21: 623 – 630.
14. Miller EE, Whitcome KK, Lieberman DE, Norton HL, Dyer RE. The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strength. *J Sport Health Sci* 2014; 3: 74 – 85.
15. Nagel A, Fernholz F, Kibele C, Rosenbaum D. Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads. A barefoot walking investigation of 200 marathon runners. *Gait & Posture* 2008; 27: 152 – 155.
16. Nakhaee Z, Rahimi A, Abaee, Rezasoltani A, Kalantari KK. The relationship between the height of the medial longitudinal arch (MLA) and the ankle and knee injuries in professional runners. *The Foot* 2008; 18: 84 – 90.
17. Periyasamy R, Mishra A, Anand S, Ammini AC. Preliminary investigation of foot pressure distribution variation in men and women adults while standing. *The Foot* 2011; 21: 142 – 148.
18. Rodgers M. M. Dynamic Biomechanics of the normal foot and ankle during walking and running. *J Am Phys Ther As* 1988; 68: 1822 – 1830.
19. Roosalu M. Inimese anatoomia. Tallinn: Koolibri; 2006.
20. Shanthikumar S, Lox Z, Falvey E, McCroy P, Franklyn-Miller A. The effect of gait velocity on calcaneal balance at heel strike; Implications for orthotic prescription in injury prevention. *Gait & Posture* 2010; 31: 9–12.
21. Shih YF, Wen YK, Chen WY. Application of wedged foot orthosis effectively reduces pain in runners with pronated foot: a randomized clinical study. *Clin Rehab* 2011; 25: 913 – 92.
22. Soucie JM, Wang C, Forsyth A, Funk S, Denny M, et al. Range of motion measurements: reference values and a database for comparison studies. *Haemophilia* 2011; 17: 500 – 507.
23. Soysa A, Hiller C, Refshauge K, Burns J. Importance and challenges of measuring intrinsic foot muscle strength. *J Foot Ankle Res.* 2012; 5: 1 – 14.

24. Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg* 1987; 69: 426 – 428.
25. Strakowski JA, Jamil T. Management of common running injuries. *Phys Med Rehab Clin N Am* 2006; 17: 537 – 552.
26. Uritani D, Fukumoto T, Matsumoto D. Intrarater and Interrater Reliabilities for a Toe Grip Dynamometer. *J Phys Ther Sci* 2012; 24: 639 – 643.
27. Uritani D, Fukumoto T, Matsumoto D, Shima M. Reference values for toe grip strength among Japanese adults aged 20 to 79 years: a cross-sectional study. *J Foot Ankle Res* 2014; 7: 1 – 6.
28. Vain A. Müomeetria. Skeletilihaste funktsionaalse seisundi biomehaaniline diagnostika. Tartu Ülikool 2002.
29. Willems TM, Ridder RD, Roosen P. The effect of a long-distance run on plantar pressure distribution during running. *Gait & Posture* 2012; 35:405 – 409.
30. Williams III DS, McClay IS, Hamill J. Arch structure and injury patterns in runners. *Clin Biomech* 2001; 16: 341 – 347.
31. Wentz L, Liu PY, Haymes E, Ilich JZ. Females have a greater incidence of stress fractures than males in both military and athletic populations: a systematic review. *Milit Med* 2011; 176: 420 – 430.
32. Zifchock RA, Davis I. A comparison of semi-custom and custom foot orthotic devices in high- and low-arched individuals during walking. *Clin Biomech* 2008; 23: 1287 – 1293.

## AUTORI LIHTLITSENTS TÖÖ AVALDAMISEKS

Mina                      Marika Turb (23.01.1989)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Jalalaba ja sääre funktsionaalsete näitajate iseärasused naispikamaajooksjatel – võistlus- ja harrastussportlastel,

mille juhendajad on Jaan Ereline ja Helena Gapejeva,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus \_\_\_\_\_ (kuupäev)